

Table 2. Mineral constituents and chemical compositions of extracted inclusions.

Ingot number	Inclusions in	Mineral constituents of inclusions*					Chemical compositions of inclusions in %				
		Albandite MnS	Manganosite MnO	Tephroite 2MnO·SiO <sub>2</sub>	Hercynite FeO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Braunite MnO·3Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·SiO <sub>2</sub>	(Mn,Fe)S	(Mn,Fe)O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
5173-3	Top	W	S	S	S	W	19.65	44.67	12.68	28.00	
	Middle	W	S	S	S	W	25.95	28.66	12.98	32.41	
	Bottom	W	S	M	M	S	12.65	46.90	13.53	30.48	
26594-3	Top core	S	M	W	M		30.56	50.15	7.78	11.51	
	Middle core	S		W	W		54.45	31.39	4.38	9.78	
	Bottom core	S		M	M		3.15	57.62	19.46	19.77	
	Rim	S		M	S		n.d.	66.96	9.46	23.58	
26594-5	Top core	S	M	W	M		28.14	49.16	7.41	15.29	
	Middle core	S	W	W	M		40.35	37.11	7.93	14.61	
	Bottom core	S	W	M	S		3.85	57.61	13.25	25.29	
	Rim	S	W	W	S		n.d.	48.25	30.04	21.71	
26614-4	Top core	W		W	S		8.39	60.54	9.64	21.43	
	Middle core	W		W	S		12.35	63.83	7.12	16.70	
	Bottom core	W		M	S		2.24	47.94	4.62	45.20	
	Rim	W		W	S		n.d.	48.40	5.03	46.57	

\* S ; Strong, M ; Medium, W ; Weak.

スライム法によつて調査を行ない、リムド鋼塊およびセミキルド鋼塊の介在物の調査結果と比較し次のことが判かつた。

- i) キャップド鋼塊では蓋打ちによつてリミング・アクションが強制的に抑制されるために、スカムとして浮上すべき成分が鋼塊内に残留し介在物となる。
- ii) この残留介在物の量は蓋打ち時間が短い程多く、特に鋼塊底部にトラップされる比較的大型の介在物でこの傾向が顕著である。
- iii) 鋼塊頭部および中央部コアの sulfide 介在物も上述の残留成分と考えられる silicate を多量に伴っている。
- iv) 一般に介在物の分布に関してはセミキルド鋼塊に類似し、介在物の鋳物成分の面では溶鋼の脱酸度の近いリムド鋼塊に類似している。

文 献

- 1) 森永, 池野, 大庭, 伊藤 : 鉄と鋼, 47 (1961) 10, p. 1520
- 2) 森永, 大庭, 伊藤 : 鉄と鋼, 48(1962) 4, p. 458
- 3) 森永, 大庭, 伊藤 : 鉄と鋼, 49(1963) 3, p. 518

669.14-412:621,746,628,001,57

(89) 蠟塊による鋼塊凝固の模型実験について

富士製鉄広畑製鉄所

森永孝三

室蘭製鉄所研究所

北川一智・工博 佐藤進・〇星野彰

On Experiment of Solidification by Model Ingot of Stearic Acid.

Kōzō MORINAGA, Kazutomo KITAGAWA, Susumu SATO and Akira HOSHINO.

I 結 言

室蘭製鉄所では、リムドおよびセミキルドの扁平型鋼塊におよぼす鋼塊形状の影響について調査して来たが<sup>1)~4)</sup>、実用鋼塊では實際上、凝固後のものしか対象にできないため、その凝固過程は明らかにし得ない欠点がある。そこで、これらの不足な点を出来るだけ補い、実用鋼塊におよぼす形状の影響を一層明確に理解するために、蠟塊によるモデル実験を行なつた。ここでは主に扁平比の異なる3種類の鋳型での凝固過程をダンピング法によつて観察し、凝固速度、パイプ形状におよぼす鋼塊形状の影響、凝固進行状況えの攪拌の影響について調査した。

II 実験方法

蠟としては結晶性ステアリン酸 (m.p. 53°C) を用いたが、凝固組織を見易くするために微粉の酸化鉄を混入したものもある。鋳型扁平比は前

報<sup>4)</sup>の実用鋼塊と同じ範囲の1.3~3.3の3種類を用い、鑄型高さ200mm、注入高さ180mmで容量1800ccに一定した。平均寸法はNo. 1 蠟塊が115mm×87mm, No. 2が142mm×71mm, No. 3が180mm×55mmである。また、扁平比一定(2.0)で、容量が1/2(900cc), 2倍(3600cc)のものについても実験した。鑄型、定盤はジャケットにし、恒温槽の45°Cの温湯を循環させている。

凝固過程の観察は、所定の経過時間に達した時、蠟塊底面を加熱した鉄棒で穿孔して未凝固の溶蠟を排出し、冷却後、切断して凝固厚さを測定する方法による。攪拌する場合は銅板製プロペラを用い、回転数は0~330rpmとした。

### III 実験結果

#### (1) 扁平蠟塊の凝固過程

静置の場合、凝固速度は遅く、末期では扁平比の大きいものほど長辺側の凝固の進行がやや速くなるが、初期の側面凝固厚さは各鑄型の長短辺ともほぼ同様であるので、常に鑄型形状とはほぼ相似の残留融液範囲を持ち、最後に急激に凝固を完了する。このため、パイプ、粗鬆部の形成におよぼす扁平比の影響は大きい。完全凝固所要時間は扁平比が大きい(表面積が大きい)ほど短かく、

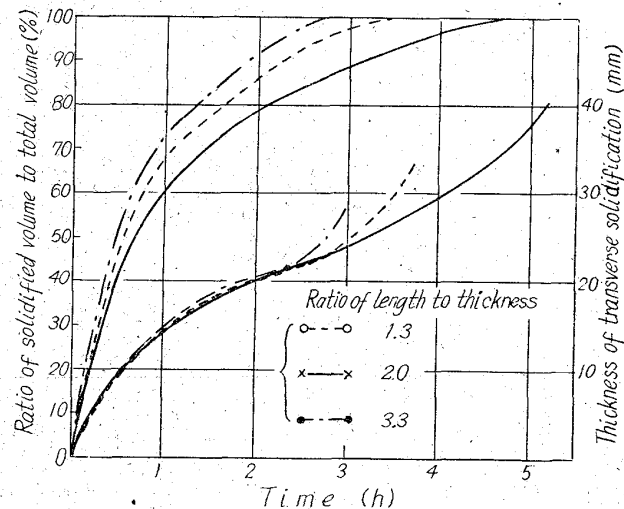
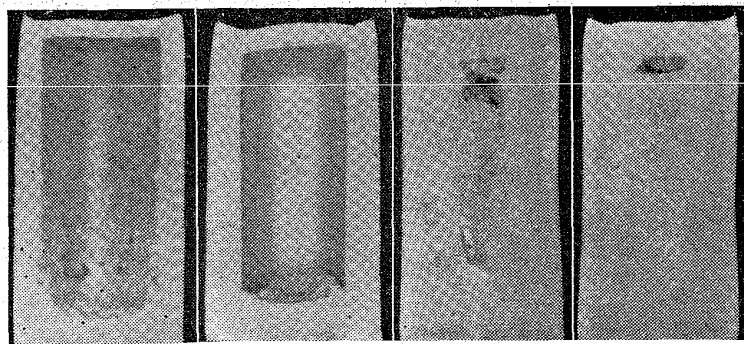


Fig. 1. Solidification curves of stearic acid. (No. stirring)



a) 1h (after teeming), b) 1 1/2h, c) 5h, d) 6h (complete solidification)  
Ratio of length to thickness: 1.3

Photo. 1. An instance of solidification process. (No stirring)

末期の凝固速度も速い。

攪拌した場合は、静置と比較して、自由晶の生成割合が多く、このため凝固速度が速く、扁平比の影響度は静置の場合ほど大きくない。回転は速いほど核の生成、発達が大きく、凝固速度が早くなり、330rpmの場合の完全凝固所要時間は静置の場合の約半分となる。

静置の場合の短辺側の凝固厚さおよび凝固量を Fig. 1 に示し、凝固過程の1例を Photo. 1 に示す。各鑄型とも注入後1h程度までは壁面から柱状晶の先端が出ているが、その後次第に平滑になり柱状晶の発達が弱まる。排液も時間の経過に従い、粒状の結晶を多く含んだ粘度の高いものになる。凝固曲線は初期では各鑄型とも Feild の  $D=K\sqrt{t}$  の曲線にのり、Kの値は0.20~0.22である。これは扁平比の影響の少ない短辺側では安定しているが、長辺側では扁平比の大きいものほど、進行が少し速くなる。柱状晶の発達停止後、曲線は次第に元の曲線からはなれて上向き、同時期でも扁平比の大きいものほど凝固量が多いので、この傾向は早期におこり、急激に凝固を完了する。但し、排液後の測定であるため実際には既に凝固し、融液中に含まれる微小な結晶も排出され、真の凝固量は少し多目と考えられる。

攪拌した場合の凝固厚さと凝固量を Fig. 2 に、凝固過程の1例を Photo. 2 に示す。この場合、攪拌期に既に多数の結晶核が生じ、ある程度の大きさまで発達しているため、攪拌停止後もこれら既凝固の粒が多く、温度も低い状態にあり、凝固速度は速くなると考えられる。回転が速くなるに従って攪拌中に生成される核の数は増し、凝固曲線は直線に近い急速なものとなる。鑄型により攪拌状況がいくらか異なるので、鋼塊形状の影響について厳密な比較はできないが、攪拌の場合、凝固の大部分が自由晶の生成、成長によるため、静置の場合ほど扁平比の影響は大きくないようである。

#### ii) パイプと粗鬆部

静置の場合、粗鬆部を含めればパイプは扁平比が大きい(短辺厚さが薄い)ほど深く入りやすいが、短辺厚さの薄いものでは真のパイプとなる部分の他に粗鬆な部分として残るものが比較的多い。これは、各鋼塊とも天井厚さの同じ時期にパイプの形成を開始するが、扁平比の大きいものは既に凝固した量が多いため、間もなく凝固を終了し、その結果、真のパイプ長さは短かく、かわりに広い粗鬆部を有することになる。従ってパイプについては扁平比の大きなものが良い傾向を示すと思われ、実用鋼塊においても短辺厚さがあまり大きくない範囲では有利であろう。

攪拌の場合、扁平比による影響は少ないが、攪拌回転数が高いほどパイプが少なく、粗鬆部を生じ易い。すなわち、攪拌すると頭部は回転翼のために密閉されず、回転停止までの凝固収縮量は場面の低下で補充し、パイプを少なくすること、回転数の高いものほど核生成が多く糊状で、粗鬆な状態が顕著なためである。

#### iii) 実用鋼塊との関連

これらの実験結果を実用鋼塊と比較してみると、凝固曲線については静置凝固の場合キルド鋼の曲線と類似している<sup>5)</sup>。当所のセミキルド鋼の

669.15/26-194.2-412:621.746.628:620.192.93

(90) 低 C-Cr 鋼の凝固速度と偏析の  
関係について

(造塊の研究—II)

日本特殊鋼 63280

工博 沢 繁樹・西村富隆・○木村徳治

Relation between Solidification Rate  
and Segregation in Low C-Cr steels.

(Study on the casting of ingots—II)

Dr. Shigeki SAWA, Tomita NISHIMURA  
and Tokuji KIMURA

1027-1429

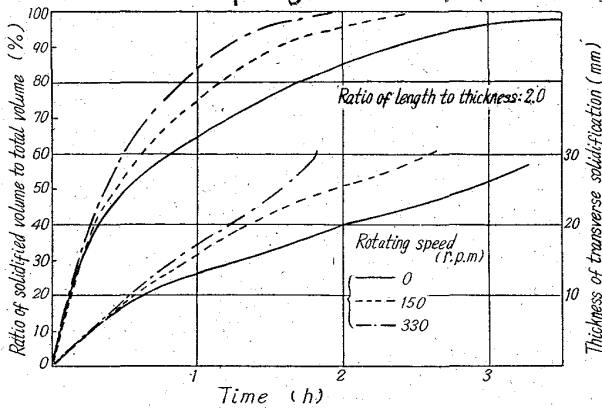
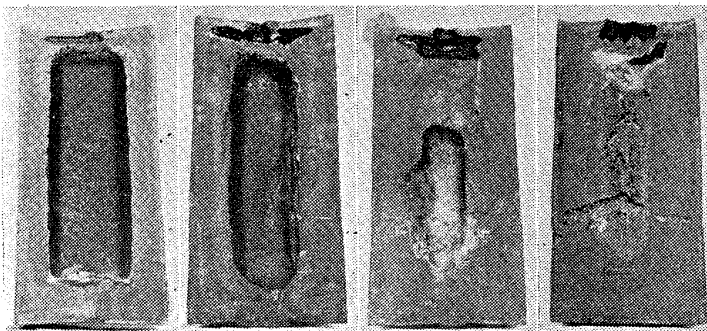


Fig. 2. Solidification curves of stearic acid.  
(Stiring)



a) 1h, b) 1 1/2h, c) 2 3/4h, d) 3 1/2h (complete solidification)  
Ratio of length to thickness : 1.3

Photo. 2. An instance of solidification process.  
(Stiring)

縦割り結果<sup>4)</sup>と比較しても、鋼塊形状とパイプ形状との関係はほぼ一致し、蠟塊の結果から実用鋼塊の凝固過程、パイプ、粗鬆部の形成機構などをかなりの程度推測することが可能である。リムド鋼の主問題点となる偏析については、凝固だけでなく、リミングアクションに伴なうSの浮上などの問題があるが、本実験の結果からも、攪拌により自由晶の生成割合が多く、従つて凝固速度が速くなることがわかり、実用鋼塊でもリミングアクションを有するリムド鋼は、キルド、セミキルド鋼塊の凝固状況とかなり異なることが推測される。

IV 結 言

- (1) 静置凝固の場合、側面凝固厚さは凝固末期を除き、各鋳型長短辺ともほぼ同様であるので、最終凝固時期の融液範囲は鋳型形状できまり、パイプ、粗鬆部の形成に大きな影響を与える。
- (2) 扁平比大(短辺厚さ薄い)なるほど粗鬆部を含めたパイプは深くなりやすいが、短辺厚さが薄いほど粗鬆部を生じ易く実際のパイプは短くなる。
- (3) 攪拌を行なうと自由晶の生成割合は多く、凝固速度は大きくなるため、扁平比の影響は静置の場合に比べて小さい。
- (4) これらの結果は実用扁平鋼塊の凝固過程の推測に有効である。

文 献

- 1)~3) 森永, 他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1333~p. 1337.
- 4) 森永, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 443.

I 結 言

前報<sup>1)</sup>において軸受鋼(SUJ2)について、凝固移行速度(中心部縦方向の凝固速度)と成分偏析ならびに柱状晶生成との関係について述べ、その際凝固速度を2.91~16.90 mm/mnの範囲に変えた場合[C], [Al]はいずれの凝固速度でも偏析し、[P]は凝固速度2.91 mm/mn以下で、また[S]は5.79 mm/mn

Solidification rate.  
3.33 5.79 9.64 12.45mm/mn

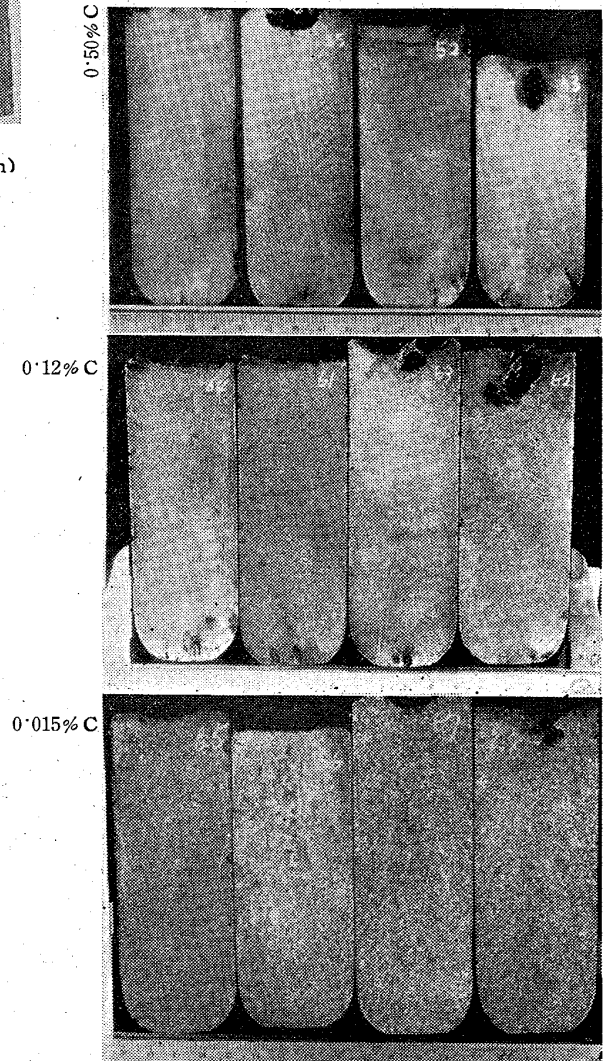


Photo. 1. Macrostructures of longitudinal section of ingots.